

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-54947

(P2004-54947A)

(43) 公開日 平成16年2月19日(2004.2.19)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード (参考)

G06T 7/00

G06T 7/00 300E

5B057

G06F 17/30

G06T 7/00 100A

5B075

G06T 1/00

G06F 17/30 170B

5L096

G06F 17/30 350C

G06T 1/00 315

審査請求 有 請求項の数 48 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2003-272787 (P2003-272787)  
 (22) 出願日 平成15年7月10日 (2003.7.10)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-207021 (P2002-207021)  
 (32) 優先日 平成14年7月16日 (2002.7.16)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000004237  
 日本電気株式会社  
 東京都港区芝五丁目7番1号  
 (74) 代理人 100088959  
 弁理士 境 廣巳  
 (72) 発明者 濱中 雅彦  
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

Fターム(参考) 5B057 CA01 CA13 CA16 CB01 CB13  
 CB16 CE16 DB03 DB06 DC23  
 DC25 DC33 DC34  
 5B075 ND06 NK06 PP10 PR06 QM05  
 QP01 QS03  
 5L096 AA02 AA06 AA09 FA15 FA37  
 JA03

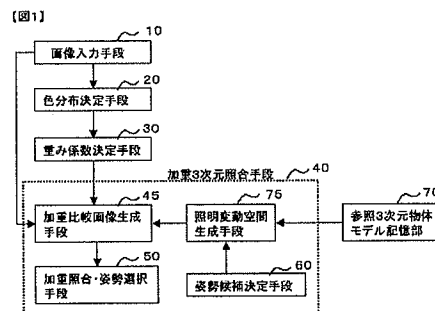
(54) 【発明の名称】 物体照合システム、物体照合方法および物体照合プログラム

## (57) 【要約】

【課題】 姿勢や照明の異なる条件で撮影された様々な物体の画像に対し、特徴の不安定な明暗部等の所定の色範囲を高速に推定し、高精度に照合する。

【解決手段】 色分布決定手段20は入力画像の色分布を決定し、重み係数決定手段30は当該色分布を用いて入力画像の色の重み係数を決定し、加重3次元照合手段40は参照3次元物体モデル記憶部70より得られる各3次元物体モデルを基にモデル毎に姿勢候補決定手段60より得られる姿勢候補に基づき、照明変動空間生成手段75で座標変換した基底画像群を生成し、次に加重比較画像生成手段45で基底画像群の合成により入力画像に近い比較画像を重み係数決定手段30より得られる重み係数を使用し生成し、加重照合・姿勢選択手段50で比較画像と入力画像の類似度を当該重み係数を使用し計算し、類似度の最も高くなる姿勢を選択し、最後に類似度の最も高いモデルを照合結果とする。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の 3 次元物体モデルを予め記憶している参照 3 次元物体モデル記憶部と、

前記参照 3 次元物体モデル記憶部より得られる 3 次元物体モデルを基に、入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を、前記重み係数決定手段より得られる重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重 3 次元照合手段と、

を備えたことを特徴とする物体照合システム。

10

**【請求項 2】**

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の 3 次元物体モデルを予め記憶している参照 3 次元物体モデル記憶部と、

前記参照 3 次元物体モデル記憶部より得られる 3 次元物体モデルを基に、前記重み係数決定手段より得られる重み係数を用いて入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を当該重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重 3 次元照合手段と、

を備えたことを特徴とする物体照合システム。

20

**【請求項 3】**

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の参照画像が予め記憶されている参照画像記憶部と、

前記参照画像記憶部より得られる参照画像と入力画像との類似度を、前記重み係数決定手段より得られる入力画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合手段と、

を備えたことを特徴とする物体照合システム。

30

**【請求項 4】**

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の参照画像が予め記憶されている参照画像記憶部と、

前記参照画像記憶部に記憶されている参照画像の色に対する重み係数が予め記憶されている参照重み係数記憶部と、

前記参照画像記憶部より得られる参照画像と入力画像との類似度を、前記重み係数決定手段より得られる入力画像の重み係数と前記参照重み係数記憶部より得られる当該参照画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合手段と、

を備えたことを特徴とする物体照合システム。

40

**【請求項 5】**

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の画素の色を補正する色補正手段と、

物体の参照画像が予め記憶されている参照画像記憶部と、

前記参照画像記憶部より得られる参照画像と前記色補正手段より得られる色補正された入力画像との類似度を計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する照合手段と、

50

を備えたことを特徴とする物体照合システム。

【請求項 6】

前記色分布決定手段は、色分布の代わりに色範囲を決定し、  
前記重み係数決定手段は、当該色範囲に対して重み係数を決定する  
ことを特徴とする請求項 1、2、3、又は 4 記載の物体照合システム。

【請求項 7】

前記色分布決定手段は、色分布の代わりに色範囲を決定し、  
前記色補正手段は、当該色範囲における入力画像の画素の色を補正する  
ことを特徴とする請求項 5 記載の物体照合システム。

【請求項 8】

前記色分布決定手段は、所定の色範囲の色分布を決定する  
ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、又は 5 記載の物体照合システム。

10

【請求項 9】

前記色範囲は、オペレータにより手動で設定される  
ことを特徴とする請求項 6、7、又は 8 記載の物体照合システム。

【請求項 10】

前記色範囲は、入力画像と色範囲を表示し、オペレータが入力手段を操作することにより、手動で設定される、  
ことを特徴とする請求項 9 記載の物体照合システム。

【請求項 11】

前記色範囲は、入力画像より自動的に決定される  
ことを特徴とする請求項 8 記載の物体照合システム。

20

【請求項 12】

前記色分布決定手段は、  
入力画像の画素の色頻度（ヒストグラム）を求める色頻度計算手段と、  
当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する色分布推定手段と、  
を備えたことを特徴とする請求項 11 記載の物体照合システム。

【請求項 13】

前記色分布決定手段は、さらに  
推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する分布妥当性判定手段と、  
を備えたことを特徴とする請求項 12 記載の物体照合システム。

30

【請求項 14】

前記色範囲は、明部（マカリ部）・暗部（陰影部）のいずれかまたは両方、及びそれ以外の色範囲である  
ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 又は 13 記載の物体照合システム。

【請求項 15】

前記色は、輝度である、  
ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13 又は 14 記載の物体照合システム。

40

【請求項 16】

前記物体は、顔である、  
ことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14 又は 15 記載の物体照合システム。

【請求項 17】

入力画像に対して、色分布を決定し、  
当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し  
物体の 3 次元物体モデルを予め記憶し、  
当該 3 次元物体モデルを基に、前記入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と

50

当該入力画像の類似度を、前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する、

ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 18】

入力画像に対して、色分布を決定し、

当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し

物体の 3 次元物体モデルを予め記憶し、

当該 3 次元物体モデルを基に、前記入力画像に近い比較画像を前記重み係数を用いて生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する、

10

ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 19】

入力画像に対して、色分布を決定し、

当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し

物体の参照画像を予め記憶し、

前記参照画像と前記入力画像との類似度を、前記重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する、

ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 20】

入力画像に対して、色分布を決定し、

20

当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し

物体の参照画像を予め記憶し、

前記参照画像の色に対する重み係数を予め記憶し、

前記参照画像と前記入力画像との類似度を、当該参照画像の重み係数と当該入力画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する、

ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 21】

入力画像に対して、色分布を決定し、

当該色分布を用いて、入力画像の画素の色を補正し、

物体の参照画像を予め記憶し、

30

前記参照画像と前記色補正された入力画像との類似度を計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する、

ことを特徴とする物体照合方法。

【請求項 22】

色分布の決定においては、色分布の代わりに色範囲を決定し、

重み係数の決定においては、当該色範囲に対して重み係数を決定する

ことを特徴とする請求項 17、18、19、又は 20 記載の物体照合方法。

【請求項 23】

色分布の決定においては、色分布の代わりに色範囲を決定し、

色補正においては、当該色範囲における入力画像の画素の色を補正する

40

ことを特徴とする請求項 21 記載の物体照合方法。

【請求項 24】

色分布の決定においては、所定の色範囲の色分布を決定する

ことを特徴とする請求項 17、18、19、20、又は 21 記載の物体照合方法。

【請求項 25】

前記色範囲は、オペレータにより手動で設定される

ことを特徴とする請求項 22、23、又は 24 記載の物体照合方法。

【請求項 26】

前記色範囲は、入力画像と色範囲を表示し、オペレータが入力手段を操作することにより、手動で設定される、

50

ことを特徴とする請求項 25 記載の物体照合方法。

【請求項 27】

前記色範囲は、入力画像より自動的に決定される  
ことを特徴とする請求項 24 記載の物体照合方法。

【請求項 28】

色分布の決定においては、  
入力画像の画素の色頻度（ヒストグラム）を求め、  
当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する、  
ことを特徴とする請求項 27 記載の物体照合方法。

【請求項 29】

色分布の決定においては、さらに  
推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する、

ことを特徴とする請求項 28 記載の物体照合方法。

【請求項 30】

前記色範囲は、明部（てかり部）・暗部（陰影部）のいずれかまたは両方、及びそれ以外の色範囲である、

ことを特徴とする請求項 17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、又は 29 記載の物体照合方法。

【請求項 31】

前記色は、輝度である、

ことを特徴とする請求項 17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、又は 30 記載の物体照合方法。

【請求項 32】

前記物体は、顔である、

ことを特徴とする請求項 17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、又は 31 記載の物体照合方法。

【請求項 33】

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、

当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、

物体の 3 次元物体モデルを予め記憶する処理と、

当該 3 次元物体モデルを基に、入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を、前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重 3 次元照合処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 34】

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、

当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、

物体の 3 次元物体モデルを予め記憶する処理と、

当該 3 次元物体モデルを基に、入力画像に近い比較画像を前記重み係数を用いて生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重 3 次元照合処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする物体照合プログラム。

【請求項 35】

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、

当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、

物体の参照画像を予め記憶する処理と、

前記参照画像と入力画像との類似度を、前記重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする物体照合プログラム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 36】

入力画像に対して、色分布を決定する明暗色決定処理と、  
 当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、  
 物体の参照画像を予め記憶する処理と、  
 前記参照画像の色に対する重み係数を予め記憶する処理と、  
 前記参照画像と入力画像との類似度を、当該参照画像の重み係数と当該入力画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合処理と

をコンピュータに実行させることを特徴とする物体照合プログラム。

## 【請求項 37】

10

入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、  
 当該色分布を用いて、入力画像の画素の色を補正する色補正処理と、  
 物体の参照画像を予め記憶する処理と、  
 前記参照画像と色補正された入力画像との類似度を計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する照合処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする物体照合プログラム。

## 【請求項 38】

前記色分布決定処理は、色分布の代わりに色範囲を決定し、  
 前記重み係数決定処理は、当該色範囲に対して重み係数を決定する  
 ことを特徴とする請求項 33、34、35、又は 36 記載の物体照合プログラム。

20

## 【請求項 39】

前記色分布決定処理は、色分布の代わりに色範囲を決定し、  
 前記色補正処理は、当該色範囲における入力画像の画素の色を補正する  
 ことを特徴とする請求項 37 記載の物体照合プログラム。

## 【請求項 40】

前記色分布決定処理は、所定の色範囲の色分布を決定する  
 ことを特徴とする請求項 33、34、35、36、又は 37 記載の物体照合プログラム。

## 【請求項 41】

前記色範囲は、オペレータにより手動で設定される  
 ことを特徴とする請求項 38、39、又は 40 記載の物体照合プログラム。

30

## 【請求項 42】

前記色範囲は、入力画像と色範囲を表示し、オペレータが入力手段を操作することにより、手動で設定される、  
 ことを特徴とする請求項 41 記載の物体照合プログラム。

## 【請求項 43】

前記色範囲は、入力画像より自動的に決定される  
 ことを特徴とする請求項 40 記載の物体照合プログラム。

## 【請求項 44】

前記色分布決定処理は、  
 入力画像の画素の色頻度（ヒストグラム）を求める色頻度計算処理と、  
 当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する色分布推定処理と、  
 を備えたことを特徴とする請求項 43 記載の物体照合プログラム。

40

## 【請求項 45】

前記色分布決定処理は、さらに  
 推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する分布妥当性判定処理と、  
 を備えたことを特徴とする請求項 44 記載の物体照合プログラム。

## 【請求項 46】

前記色範囲は、明部（マカリ部）・暗部（陰影部）のいずれかまたは両方、及びそれ以

50

外の色範囲である

ことを特徴とする請求項 33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44 又は 45 記載の物体照合プログラム。

【請求項 47】

前記色は、輝度である、

ことを特徴とする請求項 33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45 又は 46 記載の物体照合プログラム。

【請求項 48】

前記物体は、顔である、

ことを特徴とする請求項 33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46 又は 47 記載の物体照合プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は物体照合システム、物体照合方法および物体照合プログラムに関し、特に姿勢や照明の異なる条件で撮影された様々な物体の画像に対し、データベース（DB）にある参照画像や 3 次元物体モデルと照合し物体を認識する物体照合システム、物体照合方法および物体照合プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の物体照合システムの一例が、非特許文献 1 に記載されている（以下、第 1 の従来技術と称する）。図 19 に示すように、この従来の物体照合システムは、画像入力手段 10 と、3 次元照合手段 41 と、参照 3 次元物体モデル記憶部 70 とから構成されている。さらに、前記 3 次元照合手段 41 は、比較画像生成手段 46 と、照合・姿勢選択手段 51 と、姿勢候補決定手段 60 と、照明変動空間生成手段 75 とから構成されている。

【0003】

このような構成を有する従来の物体照合システムはつぎのように動作する。参照 3 次元物体モデル記憶部 70 には、物体の 3 次元物体モデルが予め記憶されている。3 次元物体モデルは、例えば特許文献 1 に記載の 3 次元形状測定装置を用いて生成することができる。3 次元物体モデルは、図 20 に示すように、物体表面の 3 次元空間（ $x$ 、 $y$ 、 $z$ ）内での形状  $P_Q(x, y, z)$  とテクスチャ  $T_Q(R, G, B)$  を情報として持っている。 $Q$  は物体表面上の点のインデックスを表し、例えば物体の重心を中心とした球体へ物体表面上の点を重心から射影した点  $Q(S, t)$  の座標に対応する。照合のために、予め各 3 次元物体モデルを使用して、モデル  $k$  毎に様々な照明条件による学習用 CG 画像をコンピュータグラフィックスにより生成し、当該学習用 CG 画像を主成分分析することにより姿勢に依存しない基底テクスチャ群  $\{G_{ki}(Q)\}$  ( $i=1, \dots, n$ ) を求めておく。

【0004】

3 次元照合手段 41 は、参照 3 次元物体モデル記憶部 70 より得られる各 3 次元物体モデルを基に、画像入力手段 10 より得られる入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を求めることにより、最も類似度の高いモデル（物体）を探索する。より詳細には、3 次元照合手段 41 は、まず姿勢候補決定手段 60 において、姿勢候補群  $\{e\}$  を決定する。次に照明変動空間生成手段 75 において、参照 3 次元物体モデル記憶部 70 より得られる各 3 次元物体モデルの基底テクスチャ群  $\{G_{ki}(Q)\}$  を、各姿勢候補  $e$  に基づき座標変換し、基底画像群  $\{B_{kei}(r)\}$  を生成する（ $r$  は画像の画素インデックス）。さらに、比較画像生成手段 46 において、当該座標変換した基底画像群  $\{B_{kei}(r)\}$  の線形和による合成画像（比較画像） $C_{ke}(r) = \sum_i^n A_i B_{kei}(r)$  と画像入力手段 10 より得られる入力画像  $I(r)$  との誤差  $\sum_r I(r) - C_{ke}(r)^2$  が最小になるように、線形和の係数  $A_i$  を最小二乗法により求め、比較画像を生成する。さらに、照合・姿勢選択手段 51 は、当該比較画像  $C_{ke}(r)$  と当該入力画像  $I(r)$  との類似度  $S_{ke}$  を計算し、類似度が最も高くなる姿勢候補  $e$  を選択し、その類似度を  $S_k$  とする。ここで、予め決定した姿勢

候補群 {e} の中から類似度の最も高い姿勢候補を選択するとししたが、姿勢候補決定手段 60 に戻って順次姿勢候補を変動させながら類似度の最も高くなる姿勢を探索してもよい。最後に、類似度  $S_k$  の最も大きいモデル  $k$  を照合結果とする。

#### 【0005】

従来の物体照合システムの他の一例が、特許文献 2 に記載されている（以下、第 2 の従来技術と称する）。図 21 に示すように、この従来の物体照合システムは、画像入力手段 10 と、陰影除去手段 90 と、照合手段 56 と、記憶部 81 とから構成されている。さらに、前記陰影除去手段 90 は、陰影有無判定手段 91 と、合成画像生成手段 47 と、輝度補正手段 95 とから構成されている。また、前記記憶部 81 は、参照画像記憶部 85 と、平均画像記憶部 86 と、3次元物体モデル記憶部 72 とから構成されている。

10

#### 【0006】

このような構成を有する従来の物体照合システムはつぎのように動作する。参照画像記憶部 85 には、陰が生じない状態で正面から撮影した各人物の顔画像が予め記憶されている。平均画像記憶部 86 には、前記参照画像記憶部 85 における各顔画像の各画素の輝度を平均して得た平均画像が予め記憶されている。3次元物体モデル記憶部 72 には、各人物の顔面距離画像、当該顔面距離画像を平均した平均顔面距離画像、当該顔面距離画像を主成分分析して得た  $n$  個の固有ベクトル（基底距離画像群  $\{D_i(r')\}$ ）が予め記憶されている。顔面距離画像とは、3次元形状測定装置を用いて測定された顔面の 3次元形状を用い、測定装置と顔表面の距離値を画素値とする画像である。画像入力手段 10 より得られる入力画像は、正面から撮影された顔画像とする。

20

#### 【0007】

陰影除去手段 90 は、まず陰影有無判定手段 91 において、画像入力手段 10 より得られる入力画像と平均画像記憶部 86 より得られる平均画像との類似度を計算し、当該類似度が所定値より高ければ陰影が無いと判定して照合手段 56 に進み、低ければ陰影があると判定し合成画像生成手段 47 に進む。合成画像生成手段 47 は、3次元物体モデル記憶部 72 より得られる基底距離画像群  $\{D_i(r')\}$  を用い、その線形和による合成距離画像  $E(r') = \sum_i^n A_i D_i(r')$  を求め、照明方向パラメータ  $(\alpha, \beta, \gamma)$  と 3次元形状パラメータ  $A_i$  を少しずつ変化させ、陰影が発生した顔画像（合成画像）を順次合成し、当該合成画像と前記入力画像との類似度が最も高くなる最適パラメータを求める。次に、輝度補正手段 95 は、合成画像生成手段 47 により得られる最適パラメータの合成画像の各画素の輝度値で、前記入力画像の対応する画素の輝度値を割ることにより、入力画像を陰影のない画像に補正する。照合手段 56 は、前記画像入力手段 10 より得られる入力画像または輝度補正手段 95 より得られる陰影のない入力画像について、参照画像記憶部 85 より得られる陰影のない各参照画像に対して公知の顔認識手法により照合を行う。

30

【非特許文献 1】2001 年 12 月、電子情報通信学会技術研究報告、第 101 巻、第 524 号、PRMU 2001-153~175、59 頁~64 頁、石山ら、「照明条件と姿勢の両者の自動補正による顔照合」

【特許文献 1】特開 2001-12925 号公報

【特許文献 2】特開 2002-15311 号公報

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

第 1 の問題点は、第 1 の従来技術では、マカリ部（明部）や陰影部（暗部）に対して比較画像を精度良く生成できず、明暗部の多い入力画像に対して照合率が低いということである。

#### 【0009】

その理由は、比較画像を高速に生成するために、参照 3次元物体モデル記憶部 70 には姿勢に依存しない基底テクスチャ群を  $n$  個選択して保持し、照明変動空間生成手段 75 において姿勢候補に合わせた基底画像群を生成し、その合成により比較画像を生成しているため、姿勢が予めわかっていないと再現できないマカリ部や十分な数の基底画像群が存在

50



しないと再現できない陰影部を正しく生成できないためである。

【0010】

第2の問題点は、第2の従来技術では、陰影除去するために、記憶容量と処理時間がかかるということである。

【0011】

その理由は、陰影除去するために、参照画像以外に平均画像や3次元物体モデルという付加的な情報が必要であると共に、記憶容量がかかる。さらに、3次元物体モデルを使用して多くのパラメータを更新しながら陰影を推定しているため、処理時間が非常にかかる。また、正面顔のみを対象としているが、様々な姿勢変動に対応しようとするとならに記憶容量と処理時間がかかるためである。

10

【0012】

本発明の目的は、姿勢や照明の異なる条件で撮影された様々な物体の画像に対し、特徴の不安定な明暗部等の所定の色範囲を推定し、高精度に照合できる物体照合システムを提供することにある。

【0013】

本発明の他の目的は、所定の色範囲を推定するために、付加的な情報を用いず、かつ高速に処理できる物体照合システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の第1の物体照合システムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

20

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の3次元物体モデルを予め記憶している参照3次元物体モデル記憶部と、

前記参照3次元物体モデル記憶部より得られる3次元物体モデルを基に、入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を、前記重み係数決定手段より得られる重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重3次元照合手段と、

を備えたことを特徴とする。

【0015】

30

本発明の第2の物体照合システムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の3次元物体モデルを予め記憶している参照3次元物体モデル記憶部と、

前記参照3次元物体モデル記憶部より得られる3次元物体モデルを基に、前記重み係数決定手段より得られる重み係数を用いて入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を当該重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重3次元照合手段と、

を備えたことを特徴とする。

40

【0016】

本発明の第3の物体照合システムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の参照画像が予め記憶されている参照画像記憶部と、

前記参照画像記憶部より得られる参照画像と入力画像との類似度を、前記重み係数決定手段より得られる入力画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合手段と、

を備えたことを特徴とする。

50

## 【0017】

本発明の第4の物体照合システムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定手段と、

物体の参照画像が予め記憶されている参照画像記憶部と、

前記参照画像記憶部に記憶されている参照画像の色に対する重み係数が予め記憶されている参照重み係数記憶部と、

前記参照画像記憶部より得られる参照画像と入力画像との類似度を、前記重み係数決定手段より得られる入力画像の重み係数と前記参照重み係数記憶部より得られる当該参照画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合手段と、

を備えたことを特徴とする。

## 【0018】

本発明の第5の物体照合システムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定手段と、

前記色分布決定手段より得られる色分布を用いて、入力画像の画素の色を補正する色補正手段と、

物体の参照画像が予め記憶されている参照画像記憶部と、

前記参照画像記憶部より得られる参照画像と前記色補正手段より得られる色補正された入力画像との類似度を計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する照合手段と、

を備えたことを特徴とする。

## 【0019】

本発明の第6の物体照合システムは、第1、2、3、又は4の物体照合システムにおいて、

前記色分布決定手段は、色分布の代わりに色範囲を決定し、

前記重み係数決定手段は、当該色範囲に対して重み係数を決定する

ことを特徴とする。

## 【0020】

本発明の第7の物体照合システムは、第5の物体照合システムにおいて、

前記色分布決定手段は、色分布の代わりに色範囲を決定し、

前記色補正手段は、当該色範囲における入力画像の画素の色を補正する

ことを特徴とする。

## 【0021】

本発明の第8の物体照合システムは、第1、2、3、4、又は5の物体照合システムにおいて、

前記色分布決定手段は、所定の色範囲の色分布を決定する

ことを特徴とする。

## 【0022】

本発明の第9の物体照合システムは、第6、7、又は8の物体照合システムにおいて、

前記色範囲は、オペレータにより手動で設定される

ことを特徴とする。

## 【0023】

本発明の第10の物体照合システムは、第9の物体照合システムにおいて、

前記色範囲は、入力画像と色範囲を表示し、オペレータが入力手段を操作することにより、手動で設定される、

ことを特徴とする。

## 【0024】

本発明の第11の物体照合システムは、第8の物体照合システムにおいて、

前記色範囲は、入力画像より自動的に決定されることを特徴とする。

【0025】

本発明の第12の物体照合システムは、第11の物体照合システムにおいて、前記色分布決定手段は、入力画像の画素の色頻度（ヒストグラム）を求める色頻度計算手段と、当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する色分布推定手段と、を備えたことを特徴とする。

【0026】

本発明の第13の物体照合システムは、第12の物体照合システムにおいて、前記色分布決定手段は、さらに推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する分布妥当性判定手段と、を備えたことを特徴とする。

10

【0027】

本発明の第14の物体照合システムは、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12又は13の物体照合システムにおいて、前記色範囲は、明部（てかり部）・暗部（陰影部）のいずれかまたは両方、及びそれ以外の色範囲である、ことを特徴とする。

20

【0028】

本発明の第15の物体照合システムは、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、又は14の物体照合システムにおいて、前記色は、輝度であることを特徴とする。

【0029】

本発明の第16の物体照合システムは、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、又は15の物体照合システムにおいて、前記物体は、顔であることを特徴とする。

【0030】

本発明の第1の物体照合方法は、入力画像に対して、色分布を決定し、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し、物体の3次元物体モデルを予め記憶し、当該3次元物体モデルを基に、前記入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を、前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する、ことを特徴とする。

30

【0031】

本発明の第2の物体照合方法は、入力画像に対して、色分布を決定し、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し、物体の3次元物体モデルを予め記憶し、当該3次元物体モデルを基に、前記入力画像に近い比較画像を前記重み係数を用いて生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する、ことを特徴とする。

40

【0032】

本発明の第3の物体照合方法は、入力画像に対して、色分布を決定し、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し、物体の参照画像を予め記憶し、前記参照画像と前記入力画像との類似度を、前記重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する、

50

ことを特徴とする。

【0033】

本発明の第4の物体照合方法は、入力画像に対して、色分布を決定し、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定し

物体の参照画像を予め記憶し、

前記参照画像の色に対する重み係数を予め記憶し、

前記参照画像と前記入力画像との類似度を、当該参照画像の重み係数と当該入力画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する、

ことを特徴とする。

【0034】

10

本発明の第5の物体照合方法は、入力画像に対して、色分布を決定し、

当該色分布を用いて、入力画像の画素の色を補正し、

物体の参照画像を予め記憶し、

前記参照画像と前記色補正された入力画像との類似度を計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する、

ことを特徴とする

【0035】

本発明の第6の物体照合方法は、第1、2、3、又は4の物体照合方法において、

色分布の決定においては、色分布の代わりに色範囲を決定し、

重み係数の決定においては、当該色範囲に対して重み係数を決定する

20

ことを特徴とする。

【0036】

本発明の第7の物体照合方法は、第5の物体照合方法において、

色分布の決定においては、色分布の代わりに色範囲を決定し、

色補正においては、当該色範囲における入力画像の画素の色を補正する

ことを特徴とする。

【0037】

本発明の第8の物体照合方法は、第1、2、3、4、又は5の物体照合方法において、

色分布の決定においては、所定の色範囲の色分布を決定する

ことを特徴とする。

30

【0038】

本発明の第9の物体照合方法は、第6、7、又は8の物体照合方法において、

前記色範囲は、オペレータにより手動で設定される

ことを特徴とする。

【0039】

本発明の第10の物体照合方法は、第9の物体照合方法において、

前記色範囲は、入力画像と色範囲を表示し、オペレータが入力手段を操作することにより、手動で設定される、

ことを特徴とする。

【0040】

40

本発明の第11の物体照合方法は、第8の物体照合方法において、

前記色範囲は、入力画像より自動的に決定される

ことを特徴とする。

【0041】

本発明の第12の物体照合方法は、第11の物体照合方法において、

色分布の決定においては、

入力画像の画素の色頻度（ヒストグラム）を求め、

当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する、

ことを特徴とする。

【0042】

50

本発明の第13の物体照合方法は、第12の物体照合方法において、色分布の決定においては、さらに推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する、ことを特徴とする。

【0043】

本発明の第14の物体照合方法は、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12又は13の物体照合方法において、前記色範囲は、明部（マカリ部）・暗部（陰影部）のいずれかまたは両方、及びそれ以外の色範囲である、ことを特徴とする。

【0044】

本発明の第15の物体照合方法は、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、又は14の物体照合方法において、前記色は、輝度であることを特徴とする。

【0045】

本発明の第16の物体照合方法は、第1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、又は15の物体照合方法において、前記物体は、顔であることを特徴とする。

【0046】

本発明の第1の物体照合プログラムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、物体の3次元物体モデルを予め記憶する処理と、当該3次元物体モデルを基に、入力画像に近い比較画像を生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を、前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重3次元照合処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0047】

本発明の第2の物体照合プログラムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、物体の3次元物体モデルを予め記憶する処理と、当該3次元物体モデルを基に、入力画像に近い比較画像を前記重み係数を用いて生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を前記重み係数を用いて求めることにより、類似度の最も高いモデル（物体）を探索する加重3次元照合処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0048】

本発明の第3の物体照合プログラムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、物体の参照画像を予め記憶する処理と、前記参照画像と入力画像との類似度を、前記重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0049】

本発明の第4の物体照合プログラムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、当該色分布を用いて、入力画像の色に対して重み係数を決定する重み係数決定処理と、物体の参照画像を予め記憶する処理と、

前記参照画像の色に対する重み係数を予め記憶する処理と、

前記参照画像と入力画像との類似度を、当該参照画像の重み係数と当該入力画像の重み係数を使用して計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する加重照合処理と

をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0050】

本発明の第5の物体照合プログラムは、入力画像に対して、色分布を決定する色分布決定処理と、

当該色分布を用いて、入力画像の画素の色を補正する色補正処理と、

物体の参照画像を予め記憶する処理と、

前記参照画像と色補正された入力画像との類似度を計算し、類似度の最も大きい参照画像（物体）を探索する照合処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0051】

本発明の第6の物体照合プログラムは、第1、2、3、又は4の物体照合プログラムにおいて、

前記色分布決定処理は、色分布の代わりに色範囲を決定し、

前記重み係数決定処理は、当該色範囲に対して重み係数を決定することを特徴とする。

【0052】

本発明の第7の物体照合プログラムは、第5の物体照合プログラムにおいて、

前記色分布決定処理は、色分布の代わりに色範囲を決定し、

前記色補正処理は、当該色範囲における入力画像の画素の色を補正することを特徴とする。

【0053】

本発明の第8の物体照合プログラムは、第1、2、3、4、又は5の物体照合プログラムにおいて、

前記色分布決定処理は、所定の色範囲の色分布を決定する

ことを特徴とする。

【0054】

本発明の第9の物体照合プログラムは、第6、7、又は8の物体照合プログラムにおいて、

前記色範囲は、オペレータにより手動で設定される

ことを特徴とする。

【0055】

本発明の第10の物体照合プログラムは、第9の物体照合プログラムにおいて、

前記色範囲は、入力画像と色範囲を表示し、オペレータが入力手段を操作することにより、手動で設定される、

ことを特徴とする。

【0056】

本発明の第11の物体照合プログラムは、第8の物体照合プログラムにおいて、

前記色範囲は、入力画像より自動的に決定される

ことを特徴とする。

【0057】

本発明の第12の物体照合プログラムは、第11の物体照合プログラムにおいて、

前記色分布決定処理は、

入力画像の画素の色頻度（ヒストグラム）を求める色頻度計算処理と、

当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する色分布推定処理と、

をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0058】

本発明の第１８の物体照合プログラムは、第１２の物体照合プログラムにおいて、  
前記色分布決定処理は、さらに  
推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する分布妥当性判定処理と、  
をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【００５９】

本発明の第１４の物体照合プログラムは、第１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２又は１８の物体照合プログラムにおいて、  
前記色範囲は、明部（てかり部）・暗部（陰影部）のいずれかまたは両方、及びそれ以外の色範囲である、  
ことを特徴とする。

【００６０】

本発明の第１５の物体照合プログラムは、第１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、又は１４の物体照合プログラムにおいて、前記色は、輝度であることを特徴とする。

【００６１】

本発明の第１６の物体照合プログラムは、第１、２、３、４、５、６、７、８、９、１０、１１、１２、１３、１４、又は１５の物体照合プログラムにおいて、  
前記物体は、顔であることを特徴とする。

【００６２】

本発明の第１ないし第１６の物体照合プログラムは、磁気ディスク、半導体メモリその他のコンピュータ可読記録媒体に記録されて提供される。コンピュータ可読記録媒体に記録された物体照合プログラムは、コンピュータの立ち上げ時などにコンピュータに読み取られ、そのコンピュータの動作を制御することにより、そのコンピュータに本発明の第１ないし第１６の物体照合方法における各手順を実行させる。

【発明の効果】

【００６３】

第１の効果は、姿勢や照明の異なる条件で撮影された様々な物体の画像に対し、特徴の安定した領域を重視した高精度な照合ができることにある。

【００６４】

その理由は、第１の実施の形態では、入力画像の色分布に基づき重み係数を決定し、３次元物体モデルからの比較画像の生成および入力画像との照合において、当該重み係数を用いた比較を行うというように構成されているためである。また、第２の実施の形態では、入力画像と参照画像の色分布に基づき重み係数を決定し、参照画像と入力画像との照合において当該重み係数を用いた比較を行うというように構成されているためである。

【００６５】

第２の効果は、記憶容量を節約し、かつ高速に実行できることにある。

【００６６】

その理由は、入力画像から所定の色範囲を推定するように構成されているためである。

【発明を実施するための最良の形態】

【００６７】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【００６８】

図１を参照すると、本発明の第１の実施の形態は、画像入力手段１０と、色分布決定手段２０と、重み係数決定手段３０と、加重３次元照合手段４０と、参照３次元物体モデル記憶部７０とから構成されている。さらに、前記加重３次元照合手段４０は、加重比較画像生成手段４５と、加重照合・姿勢選択手段５０と、姿勢候補決定手段６０と、照明変動空間生成手段７５とから構成されている。

【００６９】

これらの手段はそれぞれ概略つぎのように動作する。画像入力手段１０と、姿勢候補決

10

20

30

40

50

定手段 60 と、照明変動空間生成手段 75 と、参照 3 次元物体モデル記憶部 70 は、図 19 に示した第 1 の従来技術における処理と同一の処理を行う。

【0070】

色分布決定手段 20 は、画像入力手段 10 より得られる入力画像に対して、色分布を決定する。

【0071】

重み係数決定手段 30 は、色分布決定手段 20 より得られる色分布を用いて、当該入力画像の色に対して、重み係数を決定する。

【0072】

加重 3 次元照合手段 40 は、参照 3 次元物体モデル記憶部 70 より得られる各 3 次元物体モデルを基に、画像入力手段 10 より得られる入力画像に近い比較画像を、重み係数決定手段 30 より得られる重み係数を用いて生成し、当該比較画像と当該入力画像の類似度を当該重み係数を用いて求めることにより、最も類似度の高いモデル（人物）を探索する。より具体的には、加重比較画像生成手段 45 は、画像入力手段 10 より得られる入力画像、照明変動空間生成手段 75 より得られる基底画像群、重み係数決定手段 30 より得られる重み係数を用い、当該基底画像群の線形和による合成画像（比較画像）と当該入力画像との重み付き誤差が最小になるように、線形和の係数を求め、比較画像を生成する。加重照合・姿勢選択手段 50 は、当該比較画像と当該入力画像との類似度を重み付きで計算する。そして、類似度の最も高くなる姿勢候補をモデル毎に選択し、最後に類似度の最も大きいモデルを照合結果とする。

【0073】

さらに、図 2 を参照すると、前記色分布決定手段 20 は、色頻度計算手段 21 と、色分布推定手段 22 と、分布妥当性判定手段 28 とから構成されている。色頻度計算手段 21 は、画像入力手段 10 より得られる入力画像の各画素の色頻度（ヒストグラム）を求める。色分布推定手段 22 は、当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する。分布妥当性判定手段 28 は、当該推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する。

【0074】

次に、図 1 及び図 3 のフローチャートを参照して本実施の形態の全体の動作について詳細に説明する。

【0075】

まず、画像入力手段 10 により入力画像が得られる（図 3 のステップ 100）。次に、色分布決定手段 20 は、画像入力手段 10 より得られる入力画像に対して、色分布を決定する（ステップ 110）。さらに、重み係数決定手段 30 は、色分布決定手段 20 より得られる色分布を用いて、当該入力画像の色に対して、重み係数を決定する（ステップ 120）。

【0076】

加重 3 次元照合手段 40 は、モデル  $k$  毎に最適な姿勢・照明条件による類似度を求めるため、初めにモデル番号  $k = 1$  とする（ステップ 130）。モデル  $k$  毎に、まず姿勢候補決定手段 60 において、姿勢候補群  $\{e\}$  を決定する（ステップ 140）。次に照明変動空間生成手段 75 において、参照 3 次元物体モデル記憶部 70 より得られる各 3 次元物体モデルの基底テクスチャ群を、各姿勢候補  $e$  に基づき座標変換し、基底画像群を生成する（ステップ 141）。加重比較画像生成手段 45 は、画像入力手段 10 より得られる入力画像、照明変動空間生成手段 75 より得られる基底画像群、重み係数決定手段 30 より得られる重み係数を用い、当該基底画像群の線形和による合成画像（比較画像）と当該入力画像との重み付き誤差が最小になるように、線形和の係数を求め、比較画像を生成する（ステップ 142）。加重照合・姿勢選択手段 50 は、当該比較画像と当該入力画像との類似度  $S_{ke}$  を重み付きで計算し（ステップ 143）、当該類似度が最も高い姿勢候補を選択し、その類似度を  $S_k$  とする（ステップ 144）。次に、モデル番号  $k$  を 1 増やし（ステップ 131）、 $k$  がモデル数以下の場合は、ステップ 140 に戻り、次のモデルの類似度



を計算する。最後に、類似度  $S_k$  の最も大きいモデル  $k$  を照合結果とする（ステップ 150）。

【0077】

次に、図2及び図4のフローチャートを参照して色分布決定手段の動作について説明する。

【0078】

まず、色頻度計算手段21は、画像入力手段10より得られる入力画像の各画素の色頻度（ヒストグラム）を求める（ステップ111）。次に、色分布推定手段22は、当該ヒストグラムに対して、所定の色範囲の色分布を推定する（ステップ112）。最後に、分布妥当性判定手段23は、当該推定された色分布が妥当であるか判定し、妥当でない場合は色分布の統合を行い補正する（ステップ113）。

10

【0079】

次に、本実施の形態の効果について説明する。

【0080】

本実施の形態では、入力画像の色分布に基づき重み係数を決定し、3次元物体モデルからの比較画像の生成および入力画像との照合において、当該重み係数を用いた比較を行うというように構成されているため、様々な姿勢・照明条件により撮影された顔画像に対して、特徴の安定した領域を重視した比較画像を生成できるとともに、高精度な照合ができる。また、本実施の形態では、入力画像から明暗部等の所定の色範囲を推定するように構成されているため、記憶容量を節約し、かつ高速に実行できる。

20

【0081】

次に、具体的な実施例を用いて本実施の形態の動作を説明する。

【0082】

ここでは、顔を例にとり説明するが、本発明は他の物体にも適用できる。また、所定の色範囲として明暗部を対象とするが、これに限るものではない。また、ここでは、入力画像は濃淡画像とし、 $I$ は輝度を表すこととする。

【0083】

図5に示すような入力画像  $I(x)$  が画像入力手段10により得られたとする（図2のステップ100）。入力画像では、顔の鼻や頬の横の部分に陰影部が、目の下の部分にてかり部が存在する。

30

【0084】

次に、色分布決定手段20は、画像入力手段10より得られる入力画像に対して、明暗部の色分布（輝度分布）を決定する（ステップ110）。輝度分布は、撮影環境によって明暗部の輝度が安定しているならば、予め手動で設定しておくことができる。撮影環境に応じて明暗部の輝度が不安定な場合は、図2に示す構成により自動的に輝度分布を推定することができる。まず、色頻度計算手段21は、画像入力手段10より得られる入力画像の各画素の輝度値の頻度（ヒストグラム）を求めると、例えば図6に示すようなヒストグラムが得られる（ステップ111）。次に、色分布推定手段22は、当該ヒストグラムに対して、明部、暗部及びそれ以外の8つの輝度分布を推定する（ステップ112）。この分布推定は、例えばガウス分布や2項分布による混合分布モデルを仮定し、一般的に知られるEMアルゴリズムなどの手法により求めることができる。分布推定の結果は、例えば図7のようになり、各分布の平均値の小さい方から分布関数を  $f_1(I)$ 、 $f_2(I)$ 、 $f_3(I)$  とすると、陰影部（暗部）の分布は  $f_1(I)$ 、てかり部（明部）の分布は  $f_3(I)$ 、その他の領域の分布は  $f_2(I)$  となる。最後に、分布妥当性判定手段23は、当該推定された輝度分布の平均や分散等を使用し明部・暗部の輝度分布として妥当であるか判定する（ステップ113）。例えば、分布の平均値は、陰影部では小さく、てかり部では大きい。また、分布の分散は、陰影部・てかり部とも小さい。これらの条件に対して、あるしきい値を設定して推定された分布関数  $f_1(I)$  及び  $f_3(I)$  の平均・分散と比較することにより判定できる。妥当でないと判定された場合は、その他の領域の関数  $f_2(I)$  と統合される。

40

50

## 【0085】

さらに、重み係数決定手段30は、色分布決定手段20より得られる明暗部の輝度分布  $f_1(I)$ 、 $f_2(I)$ 、 $f_3(I)$  を用いて、当該入力画像の各輝度  $I$  に対して、重み係数  $W(I)$  を決定する（ステップ120）。各画素  $r$  に対する重み係数  $W'(r)$  は、輝度  $I$  に対する重み係数  $W(I)$  を用いて、 $W'(r) = W(I(r))$  により求められる。輝度に対する重み係数は、例えば全分布に対する明暗部の分布を除いた分布の比率  $W(I) = f_2(I) / \sum_b f_b(I)$  により求めることができる。図8に示すようになる。さらに、図9に示すように、あるしきい値  $T_w$  を設定し、 $W(I) > T_w$  なら  $W(I) = 1$ 、それ以外なら  $W(I) = 0$  とするような二値化を行ってもよい。この場合、 $W(I(r)) = 0$  の画素は、対象領域から除外されることと同値である。また、明暗部の分布  $f_1(I)$ 、 $f_3(I)$  のみ用いて、重みを決定することもできる。例えば、分布が正規ガウス分布の場合、 $f_1(I) = N(\mu_1, \sigma_1^2)$ 、 $f_3(I) = N(\mu_3, \sigma_3^2)$  とすると、 $I_0 = \mu_1 + \alpha_1 \sigma_1$ 、 $I_1 = \mu_3 - \alpha_3 \sigma_3$  ( $\alpha_1$ 、 $\alpha_3$  は範囲を制御するパラメータ) により、暗部の輝度範囲  $[0, I_0]$ 、明部の輝度範囲  $[I_1, 255]$  を求め、当該輝度範囲の重み係数を  $W(I) = 0$ 、それ以外の範囲を  $W(I) = 1$  と設定できる。

10

## 【0086】

加重3次元照合手段40は、モデル  $k$  毎に最適な姿勢・照明条件による類似度を求めるため、初めにモデル番号  $k = 1$  とする（ステップ130）。モデル  $k$  毎に、まず姿勢候補決定手段60において、姿勢候補群  $\{e\}$  を決定する（ステップ140）。次に照明変動空間生成手段75において、参照3次元物体モデル記憶部70より得られる各3次元物体モデルの基底テクスチャ群  $\{G_{ki}(Q)\}$  ( $i=1, \dots, n$ ) を、各姿勢候補  $e$  に基づき座標変換し、基底画像群  $\{B_{kei}(r)\}$  を生成する（ステップ141）。加重比較画像生成手段45は、画像入力手段10より得られる入力画像  $I(r)$ 、照明変動空間生成手段75より得られる基底画像群  $\{B_{kei}(r)\}$ 、重み係数決定手段30より得られる重み係数  $W(I)$  を用い、当該基底画像群の線形和  $C_{ke}(r) = \sum_i^n A_i B_{kei}(r)$  による合成画像（比較画像）と当該入力画像との重み付き誤差  $\sum_r W(I) |I(r) - C_{ke}(r)|^2$  が最小になるように、線形和の係数  $A_i$  を求め、比較画像  $C_{ke}(r)$  を生成する（ステップ142）。加重照合・姿勢選択手段50は、当該比較画像  $C_{ke}(r)$  と当該入力画像  $I(r)$  との類似度  $S_{ke}$  を重み付きで計算し（ステップ143）、当該類似度が最も高い姿勢候補を選択し、その類似度を  $S_k$  とする（ステップ144）。類似度  $S_{ke}$  は、輝度値の最大を  $I_{max}$ 、画素数を  $M$  とすると、例えば  $S_{ke} = 1 - \sum_r W(I) |I(r) - C_{ke}(r)|^2 / (I_{max}^2 M)$  により求められる。次に、モデル番号  $k$  を1増やし（ステップ131）、 $k$  がモデル数以下の場合は、ステップ140に戻り、次のモデルの類似度を計算する。最後に、類似度  $S_k$  の最も大きいモデル  $k$  を照合結果とする（ステップ150）。

20

30

## 【0087】

次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

## 【0088】

図10を参照すると、本発明の第2の実施の形態は、画像入力手段10と、色分布決定手段20と、重み係数決定手段30と、加重照合手段55と、参照画像記憶部80と、参照重み係数記憶部85とから構成されている。

40

## 【0089】

これらの手段はそれぞれ概略つぎのように動作する。画像入力手段10と、色分布決定手段20と、重み係数決定手段30は、図1に示した第1の実施の形態における処理と同一の処理を行う。参照画像記憶部80には、様々な姿勢・照明条件により撮影された物体の参照画像が予め記憶されている。参照重み係数記憶部85には、参照画像記憶部80に記憶されている各参照画像の色の重み係数が予め記憶されている。当該参照画像の重み係数は、参照画像を画像入力手段10に与え、色分布決定手段20と重み係数決定手段30により予め求めておく。

## 【0090】

加重照合手段55は、参照画像記憶部80より得られる各参照画像と画像入力手段10

50

より得られる入力画像との類似度を、重み係数決定手段 80 より得られる入力画像の重み係数と参照重み係数記憶部 85 より得られる当該参照画像の重み係数を使用し計算する。そして、類似度の最も大きい参照画像（物体）を照合結果とする。

【0091】

次に、図 10 及び図 11 のフローチャートを参照して本実施の形態の全体の動作について詳細に説明する。

【0092】

まず、画像入力手段 10 により入力画像が得られる（図 11 のステップ 100）。次に、色分布決定手段 20 は、画像入力手段 10 より得られる入力画像に対して、色分布を決定する（ステップ 110）。さらに、重み係数決定手段 80 は、色分布決定手段 20 より得られる色分布を用いて、当該入力画像の色に対して、重み係数を決定する（ステップ 120）。 10

【0093】

加重照合手段 55 は、初めにモデル番号  $k = 1$  とする（ステップ 130）。モデル  $k$  毎に、参照画像記憶部 80 より得られる各参照画像  $C_{ke}(r)$ （ $e$  はモデル毎に複数の画像が記憶されている場合の画像番号）と画像入力手段 10 より得られる入力画像  $I(r)$  との類似度  $S_{ke}$  を、重み係数決定手段 80 より得られる入力画像の重み係数  $W(I)$  と参照重み係数記憶部 85 より得られる当該参照画像の重み係数  $W_{ke}(I)$  を使用し計算し（ステップ 148）、当該類似度が最も高い画像を選択し、その類似度を  $S_k$  とする（ステップ 144）。濃淡画像の場合は、類似度  $S_{ke}$  は、輝度値の最大を  $I_{max}$ 、画素数を  $M$  とすると 20、例えば  $S_{ke} = 1 - \sum_r W(I) W_{ke}(C) |I(r) - C_{ke}(r)|^2 / (I_{max}^2 M)$  により求められる。次に、モデル番号  $k$  を 1 増やし（ステップ 131）、 $k$  がモデル数以下の場合は、ステップ 140 に戻り、次のモデルの類似度を計算する。最後に、類似度  $S_k$  の最も大きいモデル  $k$ （参照画像）を照合結果とする（ステップ 150）。

【0094】

次に、本実施の形態の効果について説明する。

【0095】

本実施の形態では、入力画像と参照画像の色分布に基づき重み係数を決定し、参照画像と入力画像との照合において当該重み係数を用いた比較を行うというように構成されているため、様々な姿勢・照明条件により撮影された顔画像に対して、特徴の安定した領域を重視した高精度な照合が高速に実行できる。 30

【0096】

次に、本発明の第 3 の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0097】

図 12 を参照すると、本発明の第 3 の実施の形態は、画像入力手段 10 と、色分布決定手段 20 と、色補正手段 96 と、照合手段 56 と、参照画像記憶部 80 とから構成されている。

【0098】

これらの手段はそれぞれ概略つぎのように動作する。画像入力手段 10 と、色分布決定手段 20 は、図 1 に示した第 1 の実施の形態における処理と同一の処理を行う。照合手段 56 は、図 2 に示した第 2 の従来技術における処理と同一の処理を行う。参照画像記憶部 80 は、図 10 に示した第 2 の実施の形態における参照画像記憶部と同一である。 40

【0099】

色補正手段 96 は、色分布決定手段 20 より得られる色分布を用いて、画像入力手段 10 より得られる入力画像の画素の色を補正する。

【0100】

次に、図 12 及び図 13 のフローチャートを参照して本実施の形態の全体の動作について詳細に説明する。

【0101】

まず、画像入力手段 10 により入力画像が得られる（図 13 のステップ 100）。次に 50

、色分布決定手段20は、画像入力手段10より得られる入力画像に対して、色分布を決定する(ステップ110)。さらに、色補正手段96は、色分布決定手段20より得られる色分布を用いて、当該入力画像の画素の色を補正する(ステップ121)。例えば、色分布決定手段20より図7のような色分布(輝度分布)が得られた場合、図14に示すように、全色範囲を陰影部・てかり部を除いた色範囲に圧縮することにより色補正できる。より具体的には、輝度値の全範囲を $[0, 255]$ 、陰影部・てかり部を除いた輝度値の範囲を $[I_0, I_1]$ とすると、色補正された入力画像 $I'(r)$ は、 $I'(r) = I(r) \times (I_1 - I_0) / 255 + I_0$ により計算できる。当該 $I_0, I_1$ は、陰影部・てかり部・その他の領域の分布関数を $f_1(I), f_3(I), f_2(I)$ とした場合、例えば、それぞれ $f_1(I) = f_2(I), f_3(I) = f_2(I)$ となる輝度値として計算できる。

10

#### 【0102】

照合手段56は、初めにモデル番号 $k=1$ とする(ステップ130)。モデル $k$ 毎に、参照画像記憶部80より得られる各参照画像 $C_{ke}(r)$ ( $e$ はモデル毎に複数の画像が記憶されている場合の画像番号)と色補正手段96より得られる色補正された入力画像 $I'(r)$ との類似度 $S_{ke}$ を計算し(ステップ149)、当該類似度が最も高い画像を選択し、その類似度を $S_k$ とする(ステップ144)。濃淡画像の場合は、類似度 $S_{ke}$ は、輝度値の最大を $I_{max}$ 、画素数を $M$ とすると、例えば $S_{ke} = 1 - \sum_r I'(r) - C_{ke}(r)^2 / (I_{max}^2 M)$ により求められる。次に、モデル番号 $k$ を1増やし(ステップ131)、 $k$ がモデル数以下の場合は、ステップ140に戻り、次のモデルの類似度を計算する。最後に、類似度 $S_k$ の最も大きいモデル $k$ (参照画像)を照合結果とする(ステップ150)。

20

#### 【0103】

次に、本実施の形態の効果について説明する。

#### 【0104】

本実施の形態では、入力画像の色分布に基づき各画素の色を補正し、参照画像と入力画像との照合を行うというように構成されているため、様々な姿勢・照明条件により撮影された顔画像に対して、特徴の安定した高精度な照合が高速に実行できる。

#### 【0105】

本発明の第1の実施の形態では、加重比較画像生成手段45及び加重照合・姿勢選択手段50において、それぞれ重み係数を使用し誤差や類似度を計算するとしたが、加重比較画像生成手段45においては重み係数を使用せずに比較画像を求め(この場合は第1の従来技術の比較画像生成手段46と同じ)、加重照合・姿勢選択手段50においてのみ重み係数を用いた類似度計算をしても良い。

30

#### 【0106】

本発明の第2および第3の実施の形態では、参照画像記憶部80には、様々な姿勢・照明条件により撮影された物体の参照画像が予め記憶されているとしたが、例えば顔の場合、正面顔のみに限定したり、各物体(モデル)あたり1つの参照画像のみが記憶されているとしても良い。また、陰影やてかりのない参照画像のみが記憶されているとしても良い。この場合は、各参照画像の重み係数はすべて1としてよいので、第2の実施の形態における参照重み係数記憶部85は省略できる。また、参照画像の重み係数は予め参照重み係数記憶部85に記憶していなくても、照合時に求めてもよい。

40

#### 【0107】

また、本発明の実施の形態では、色分布決定手段20において、色分布を自動的に推定するとしたが、手動で設定してもよい。例えば、図15に示すように、入力画像と当該入力画像を構成する色(輝度値)の存在範囲を表示する。次に、図16に示すように、スライダーを動かして陰影部の最大輝度値 $I_0$ およびてかり部の最小輝度値 $I_1$ を設定する。この際、表示している入力画像においても、指定された陰影部、てかり部の輝度値に対応する領域を表示する。最後に、指定された陰影部の輝度値範囲 $[0, I_0]$ 、てかり部の輝度値範囲 $[I_1, 255]$ 、その他の輝度値範囲 $[I_0, I_1]$ のそれぞれにおいて、各分布関数 $f_1(I), f_3(I), f_2(I)$ を推定する。当該分布関数を用いれば、自動推定した場合と同様に、前記重み係数決定手段30では、入力画像の輝度値の重み係数を決定できる。また、

50

指定された輝度値範囲を用いて、陰影部およびてかり部の輝度値範囲の重み係数は0、その他の輝度値範囲の重み係数は1というように、直接重み係数を決定してもよい。また、各輝度値範囲の重み係数を手動で設定してもよい。例えば、図17に示すように、てかり部の輝度値範囲をマウスでクリックする等の操作により指定すると、重み係数を指定するウィンドウ6が表示され、重み係数を指定できる。当該操作は、これに限るものではなく、重み係数が入力できれば他の操作でも構わない。

#### 【0108】

また、図18に示すように、入力画像の一部の領域をマウス等で領域指定することにより、陰影部やてかり部の領域から例外的に除外される例外領域を指定してもよい。この場合、例えば、指定された例外領域の画素の重み係数は常に1とする。また、逆に陰影部やてかり部の領域をマウス等で領域指定してもよい。この場合、例えば、指定された例外領域の画素の重み係数は常に0とする。また、当該例外領域は、自動的に計算されてもよい。例えば、目や口の周辺を例外領域としたい場合、目や口の位置を自動検出することにより、自動的に領域指定できる。また、ある画素をマウス等で指定し、当該画素の近隣で当該画素との色の差が指定されたしきい値より小さい画素の領域を指定するようにしてもよい。

10

#### 【0109】

また、本発明の実施の形態では、入力画像に対応して陰影部・てかり部の色範囲は一意に決定するとしたが、色範囲に自動的に変動を加え、各色範囲候補において重み係数を決定し照合を行い、最も類似度の高くなる色範囲を選択するようにしてもよい。

20

#### 【0110】

本発明の実施の形態では、入力画像は濃淡画像としたが、カラー画像でもよい。この場合、輝度Iを例えばRGBの3変数に置き換えれば良く、分布関数は3次元の関数として、同様に計算できる。

#### 【0111】

また、本発明の実施の形態では、明部（てかり部）と暗部（陰影部）の両方を推定するとしたが、いずれかだけでもよい。また、明部・暗部・その他の各分布関数は、それぞれ一つとしたが、複数個仮定してもよい。

#### 【0112】

また、本発明の実施の形態では、多数の3次元物体モデルまたは参照画像の中から入力画像と同一の物体（モデル）を検索する動作について説明したが、特定のモデルに対して入力画像と同一のモデルであるかを判定する一対一照合に適用することも可能である。この場合は、特定のモデルの3次元物体モデルまたは参照画像のみを用い、入力画像との類似度を求め、この類似度があるしきい値より大きければ、入力画像と同一モデルと判定できる。

30

#### 【0113】

本発明の物体照合システムは、構成要素である各手段の機能をハードウェア的に実現できることは勿論として、上記した各手段の機能を実行する物体照合プログラム（アプリケーション）をコンピュータ処理装置のメモリにロードしてコンピュータ処理装置を制御することによって実現することができる。この物体照合プログラムは、磁気ディスク、半導体メモリその他の記録媒体に格納され、その記録媒体からコンピュータ処理装置にロードされ、コンピュータ処理装置の動作を制御することにより、上述した各機能を実現する。

40

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0114】

以上のように、本発明にかかる物体照合システム及び方法は、人の顔その他の物体の照合システム及び方法として有用であり、特に照明によるてかり部（明部）や陰影部（暗部）の影響を受けずに顔などの物体の照合を行う場合に適している。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0115】

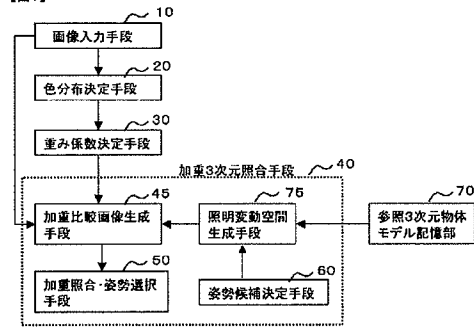
【図1】本発明の第1の実施の形態の構成を示すブロック図である。

50

【図 2】	本発明の色分布決定手段の構成を示すブロック図である。	
【図 3】	第 1 の実施の形態の動作を示す流れ図である。	
【図 4】	色分布決定手段の動作を示す流れ図である。	
【図 5】	入力画像の明暗部の具体例を示す図である。	
【図 6】	入力画像の輝度頻度の具体例を示す図である。	
【図 7】	色分布推定の具体例を示す図である。	
【図 8】	重み係数の具体例を示す図である。	
【図 9】	重み係数の具体例を示す図である。	
【図 10】	本発明の第 2 の実施の形態の構成を示すブロック図である。	
【図 11】	第 2 の実施の形態の動作を示す流れ図である。	10
【図 12】	本発明の第 3 の実施の形態の構成を示すブロック図である。	
【図 13】	第 3 の実施の形態の動作を示す流れ図である。	
【図 14】	輝度補正の具体例を示す図である。	
【図 15】	明暗色の手動指定画面の具体例を示す図である。	
【図 16】	明暗色の手動指定画面の具体例を示す図である。	
【図 17】	重み係数の手動指定の具体例を示す図である。	
【図 18】	例外領域の手動指定の具体例を示す図である。	
【図 19】	第 1 の従来技術の実施の形態の構成を示すブロック図である。	
【図 20】	第 1 の従来技術の 3 次元物体モデルの座標の具体例を示す図である。	
【図 21】	第 2 の従来技術の実施の形態の構成を示すブロック図である。	20
【符号の説明】		
【0116】		
10	画像入力手段	
20	色分布決定手段	
21	色頻度計算手段	
22	色分布推定手段	
23	分布妥当性判定手段	
30	重み係数決定手段	
35	参照重み係数記憶部	
40	加重 3 次元照合手段	30
41	3 次元照合手段	
45	加重比較画像生成手段	
46	比較画像生成手段	
47	合成画像生成手段	
50	加重照合・姿勢選択手段	
51	照合・姿勢選択手段	
55	加重照合手段	
56	照合手段	
60	姿勢候補決定手段	
70	参照 3 次元物体モデル記憶部	40
72	3 次元物体モデル記憶部	
75	照明変動空間生成手段	
80	参照画像記憶部	
81	記憶部	
85	参照画像記憶部	
86	平均画像記憶部	
90	陰影除去手段	
91	陰影有無判定手段	
95	輝度補正手段	
96	色補正手段	50

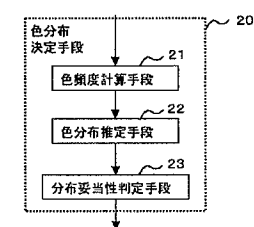
【図1】

【図1】



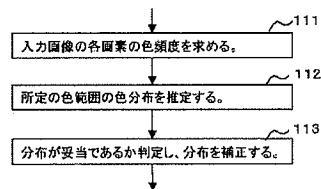
【図2】

【図2】



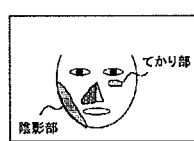
【図4】

【図4】



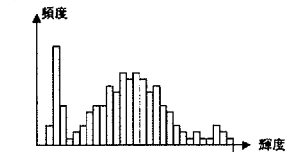
【図5】

【図5】



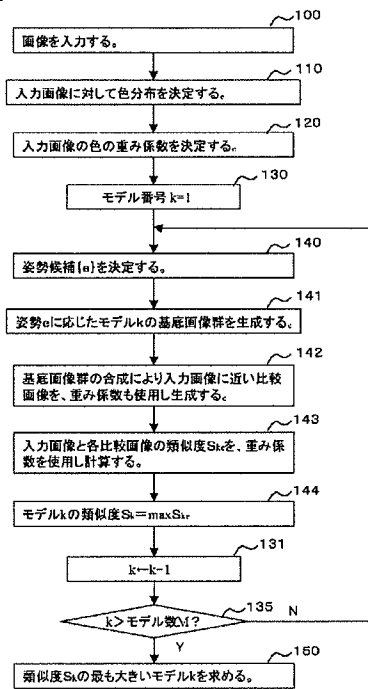
【図6】

【図6】



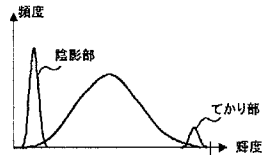
【図8】

【図8】



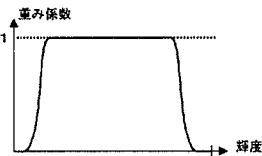
【図7】

【図7】



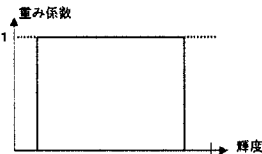
【図8】

【図8】



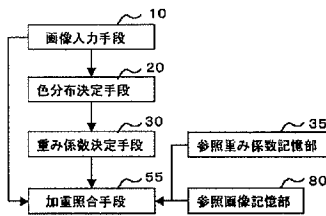
【図9】

【図9】



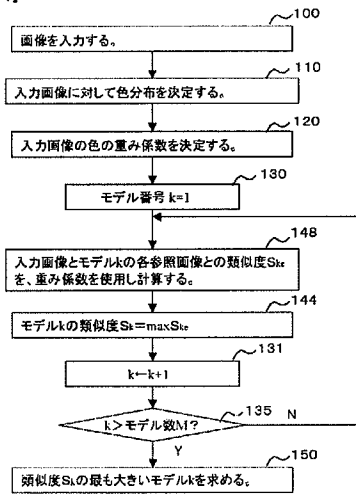
【図10】

【図10】



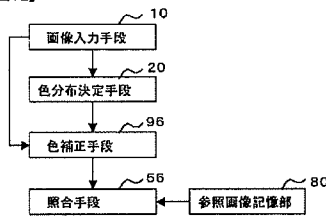
【図11】

【図11】



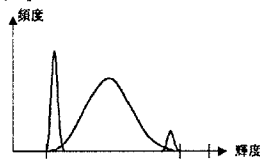
【図12】

【図12】



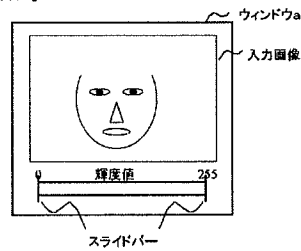
【図14】

【図14】



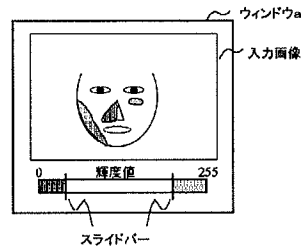
【図15】

【図15】



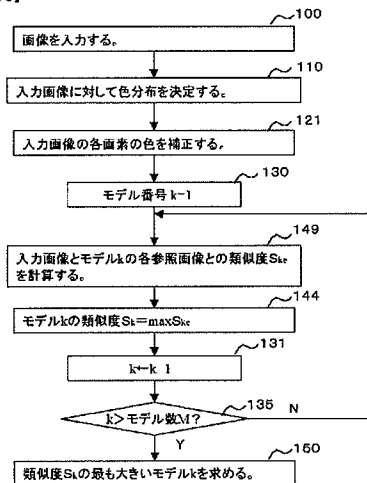
【図16】

【図16】



【図13】

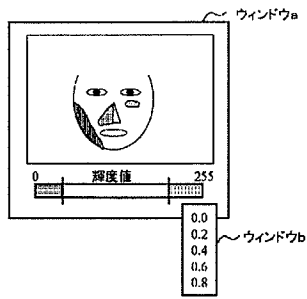
【図13】





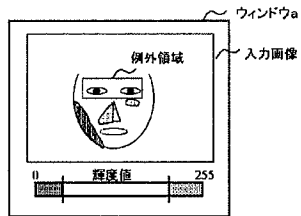
【図17】

【図17】



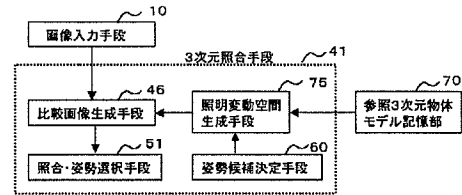
【図18】

【図18】



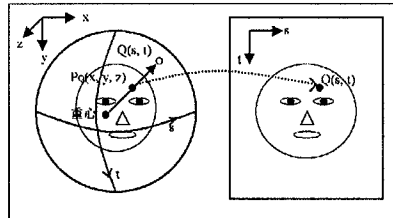
【図19】

【図19】



【図20】

【図20】



【図21】

【図21】

